Etudes des relais de protection application sur le relais SEPAM

Table de matière

- **Introduction Générale**
- **Chapitre 01 Généralite Sur Les Rélais De Protection**
- 1.1 Définintion d’un relais de protection
- 1.2 Role de rélais de protection
- 1.3 Historique et evolution
- 1.4 Principaux Defauts electrique
- 1.5 Classification des relais de protection
- 1.6 Critères de choix d'un relais de protection
- **Chapitre 02 Principes de fonctionnement et fonctions de protection**
- 2.1 Principe de fonctionnement
- 2.2 Les transformateurs de courant
- 2.3 Les transformateurs de Tension
- 2.4 Chaine de protection
- 2.5 Fonctions de protection (ANSI)
- **Chapitre 03 Relais SEPAM**
- 3.1 Présentation du relais SEPAM
- 3.2 Caractéristiques techniques
- 3.3 Architecture matérielle
- 3.4 Fonctions de protection disponibles
- **Chapitre 04 Configuration du relais SEPAM avec le logiciel SFT2841**
- 4.1 Présentation du logiciel SFT2841
- 4.2 Paramétrage de relais sepam
- 4.3 Fenêtre d’accueil
- 4.4 La barre d’outils
- **Conclusion Générale**

Introduction Générale

Dans les installations électriques modernes, la continuité de service, la sécurité des personnes et la protection des équipements constituent des exigences essentielles. Les réseaux électriques sont exposés à différents types de défauts, tels que les courts-circuits, les surcharges ou les défauts à la terre, qui peuvent provoquer des dommages importants s'ils ne sont pas détectés et éliminés rapidement.

Les relais de protection jouent un rôle fondamental dans la surveillance des réseaux électriques. Ils détectent les anomalies, analysent les grandeurs électriques et commandent l'ouverture des disjoncteurs afin d'isoler uniquement la partie défectueuse du réseau. Grâce aux progrès de l'électronique et de l'informatique, les relais électromécaniques ont progressivement été remplacés par des relais numériques, offrant une meilleure précision, une plus grande fiabilité et de nombreuses fonctions de communication et de diagnostic.

Parmi les relais numériques les plus utilisés dans les installations industrielles, la gamme SEPAM de Schneider Electric se distingue par sa polyvalence, sa simplicité de configuration et ses nombreuses fonctions de protection conformes aux normes internationales. Le logiciel SFT2841 permet de configurer, paramétrer, superviser et analyser le fonctionnement de ces relais, ce qui facilite leur mise en service et leur maintenance.

L'objectif de ce travail est d'étudier les principes de fonctionnement des relais de protection, de présenter les différentes fonctions de protection utilisées dans les réseaux électriques et d'analyser les caractéristiques du relais SEPAM. Une attention particulière sera portée au paramétrage et à l'exploitation du relais à l'aide du logiciel SFT2841, à travers une étude pratique permettant de mieux comprendre son fonctionnement et son application dans les systèmes électriques industriels.

Ce rapport est organisé en plusieurs chapitres. Le premier présente les notions générales relatives aux relais de protection. Le deuxième décrit les principes de fonctionnement ainsi que les principales fonctions de protection. Le troisième est consacré à l'étude du relais SEPAM. Le quatrième présente le logiciel SFT2841 et les différentes étapes de configuration du relais. Enfin, le dernier chapitre expose une étude de cas pratique suivie d'une analyse des résultats obtenus.

Chapitre 1 : Généralités sur les relais de protection

1.1 Définition d'un relais de protection

Un relais de protection est un dispositif électrique ou électronique destiné à surveiller en permanence les grandeurs électriques d'un réseau, telles que le courant, la tension, la fréquence et la puissance. Lorsqu'il détecte une anomalie dépassant les seuils de réglage, il envoie un ordre au disjoncteur afin d'isoler rapidement la partie défectueuse du réseau

1.2 Rôle des relais de protection

Les relais de protection ont pour rôle principal de détecter rapidement les défauts qui apparaissent dans un réseau électrique et de commander l'ouverture du disjoncteur afin d'isoler uniquement la partie défectueuse. Ils assurent ainsi la protection des personnes, des équipements et des installations tout en garantissant la continuité de service des parties saines du réseau.

Leurs principales fonctions consistent à détecter les courts-circuits, les surcharges et les défauts à la terre, commander l'ouverture du disjoncteur, limiter les dommages, améliorer la fiabilité de l'alimentation et faciliter l'analyse des défauts grâce à l'enregistrement des événements.

1.3 Historique et évolution

Les relais de protection ont connu une évolution progressive depuis les relais électromécaniques, apparus au début du XX^{e} siècle, vers les relais statiques puis les relais numériques. Cette évolution a permis d'améliorer la précision, la rapidité, la fiabilité et les possibilités de communication et de diagnostic.

Aujourd'hui, les relais numériques tels que la gamme SEPAM intègrent de nombreuses fonctions de protection, de mesure, de contrôle et de communication, tout en facilitant la configuration et la maintenance grâce à des logiciels spécialisés.

1.4 Principaux défauts électriques

Les principaux défauts affectant les réseaux et les machines électriques sont les courts-circuits entre phases ou entre phase et terre, les surcharges ainsi que les défauts propres aux machines tournantes. La détection rapide de ces anomalies est indispensable pour limiter les dommages et préserver la continuité de service.

1.5 Classification des relais de protection

Les relais de protection peuvent être classés selon leur technologie, leur fonction et leur application. On distingue notamment les relais électromécaniques, statiques et numériques, ainsi que les protections de surintensité (50/51), de défaut de terre (50N/51N, 64), différentielles (87), de distance (21), de surtension (59) et de sous-tension (27). Ils peuvent être utilisés pour la protection des lignes, transformateurs, moteurs, jeux de barres et générateurs.

1.6 Critères de choix d'un relais de protection

Le choix d'un relais de protection dépend de plusieurs critères : l'architecture du réseau, le type d'installation, le niveau de tension, le schéma de liaison à la terre, les caractéristiques des sources et des charges, les fonctions de protection nécessaires, ainsi que les exigences de rapidité, de sensibilité, de sélectivité, de fiabilité, de précision et de communication.

Chapitre 2 : Principes de fonctionnement et fonctions de protection

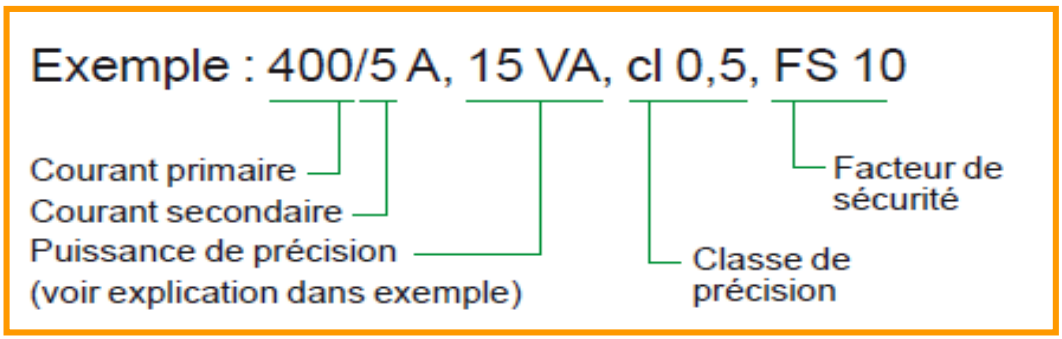
2.1 Principe de fonctionnement

Le relais reçoit les valeurs de courant et de tension provenant des transformateurs de courant et de tension. Il analyse ensuite ces grandeurs et les compare aux seuils de réglage programmés. Lorsqu'une anomalie dépasse les seuils définis, le relais identifie le défaut et, après une éventuelle temporisation, commande l'ouverture du disjoncteur afin d'isoler la partie défectueuse du réseau.

Le fonctionnement peut être résumé par la chaîne suivante : mesure → analyse → détection du défaut → décision → déclenchement du disjoncteur.

2.2 Les transformateurs de courant

Les transformateurs de courant (TC) sont utilisés pour reproduire une image proportionnelle du courant primaire et fournir au système de protection une grandeur adaptée à la mesure et au déclenchement. Ils doivent présenter une précision compatible avec l'application et sont caractérisés par leur classe de précision.



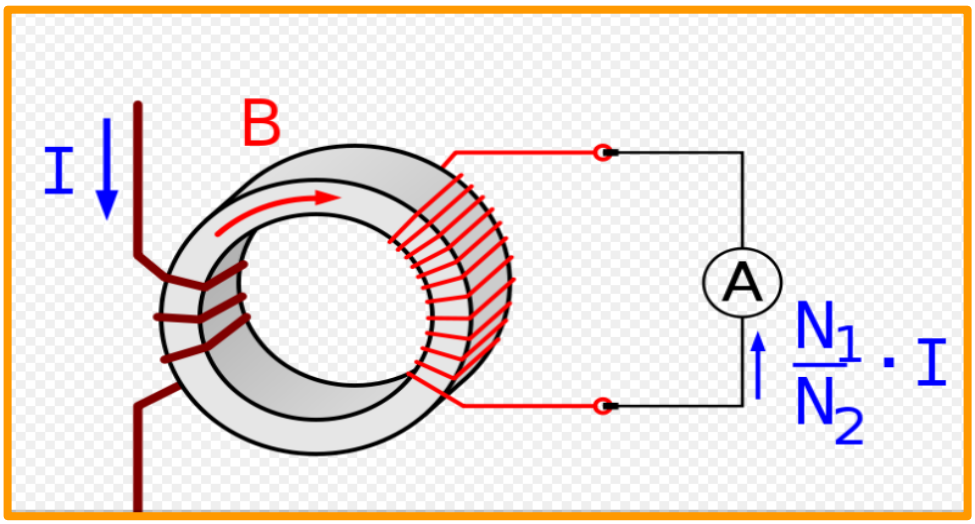


Schéma de principe d'un transformateur de courant avec plusieurs spires au primaire (primaire bobiné).

2.3 Les transformateurs de tension

Le transformateur de tension (TT) est raccordé en parallèle au réseau et permet de reproduire une image fidèle et proportionnelle de la tension primaire. Il est caractérisé notamment par sa classe de précision, par exemple 3P pour les applications de protection.

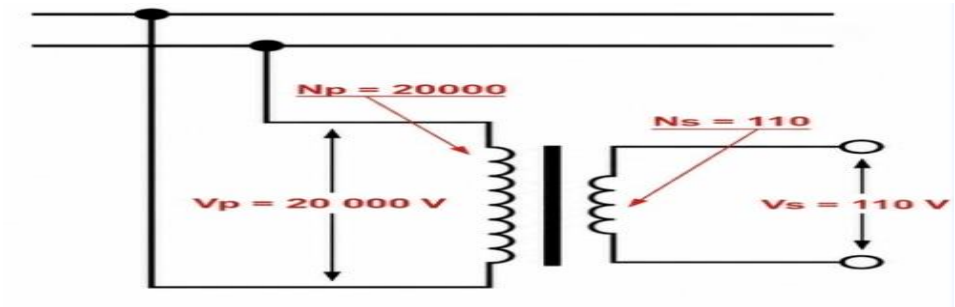
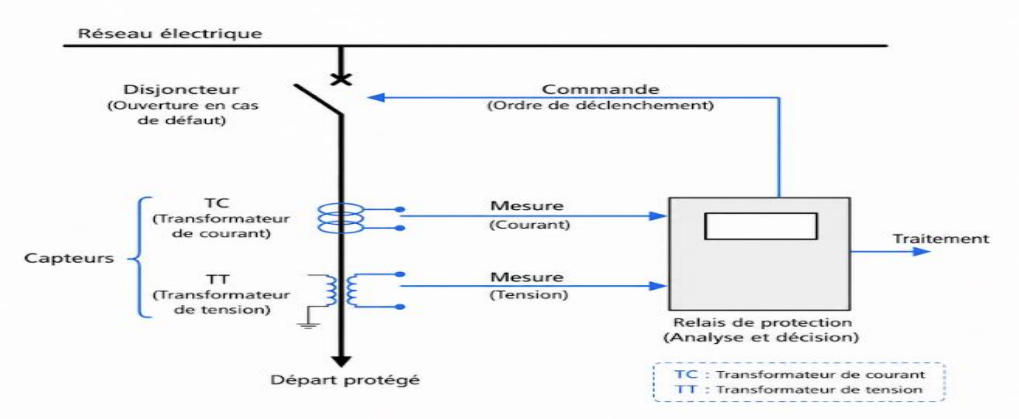


Schéma de principe d'un transformateur de tension simple secondaire

2.4 Chaîne de protection

La chaîne de protection regroupe l'ensemble des équipements qui détectent un défaut sur un réseau électrique et commandent le déclenchement du disjoncteur afin de protéger les installations. Elle comprend notamment les transformateurs de mesure, le relais de protection, les circuits de déclenchement et le disjoncteur.



2.5 Fonctions de protection (ANSI)

Voici un tableau récapitulatif des principales **fonctions de protection selon la codification ANSI**

Code ANSI	Fonction de protection	Description
12	Survitesse	Protection contre une vitesse de rotation excessive d'une machine tournante
14	Sous-vitesse	Protection contre une vitesse de rotation inférieure au seuil réglé
21	Protection de distance	Détection des défauts selon l'impédance de la ligne
25	Synchronisme	Vérification du synchronisme avant couplage
27	Sous-tension	Détection d'une tension inférieure au seuil réglé
32	Puissance directionnelle	Détection du sens de circulation de la puissance
37	Sous-courant / sous-puissance	Détection d'une valeur inférieure au seuil réglé
40	Perte d'excitation	Protection contre la perte d'excitation d'un alternateur
46	Déséquilibre de courant	Détection des composantes inverses / déséquilibre
47	Déséquilibre de tension	Détection d'une séquence de phases incorrecte

49	Surcharge thermique	Protection contre l'échauffement excessif
50	Surintensité instantanée	Déclenchement instantané en cas de courant élevé
50N / 50G	Surintensité homopolaire instantanée	Détection instantanée des défauts à la terre
50BF	Défaillance disjoncteur	Fonction qui détecte le non-déclenchement du disjoncteur après l'émission d'un ordre de déclenchement. Elle commande alors le déclenchement des disjoncteurs en amont afin d'éliminer le défaut.
51	Surintensité temporisée	Protection contre les surintensités avec temporisation
51N / 51G	Surintensité homopolaire temporisée	Protection temporisée contre les défauts à la terre
52	Disjoncteur	Dispositif de coupure du circuit
59	Surtension	Détection d'une tension supérieure au seuil réglé
64	Défaut à la terre	Détection d'un défaut d'isolement à la terre
67	Surintensité directionnelle	Protection contre les surintensités selon leur direction
67N	Surintensité homopolaire directionnelle	Protection directionnelle contre les défauts à la terre
74	Alarme	Fonction d'alarme
81O	Surfréquence	Détection d'une fréquence trop élevée
81U	Sous-fréquence	Détection d'une fréquence trop faible
86	Verrouillage / relais de blocage	Maintien du déclenchement jusqu'à réarmement
87	Protection différentielle	Comparaison des courants entre deux points
87M	Différentielle moteur	Protection différentielle dédiée aux moteurs
87T	Différentielle transformateur	Protection différentielle des transformateurs
94	Relais de déclenchement	Commande de déclenchement du disjoncteur

Remarque : Les fonctions les plus couramment utilisées dans les relais numériques tels que **Sepam** sont notamment **50/51, 50N/51N, 27, 59, 46, 49, 67 et 87**, selon l'application et le type d'équipement protégé.

Chapitre 3 : Relais SEPAM

3.1 Présentation du relais SEPAM

Le relais SEPAM est un relais numérique de protection développé par Schneider Electric pour assurer la protection, la commande, la mesure et la surveillance des réseaux électriques moyenne tension. Il est utilisé dans les postes électriques, les installations industrielles, les réseaux de distribution et les centrales de production d'énergie.

3.2 Caractéristiques techniques

Les principales caractéristiques du relais SEPAM sont :

Protection des lignes, transformateurs, moteurs, générateurs et jeux de barres.

Mesure des courants, tensions, puissances, fréquence et énergie.

Affichage local des mesures et des alarmes.

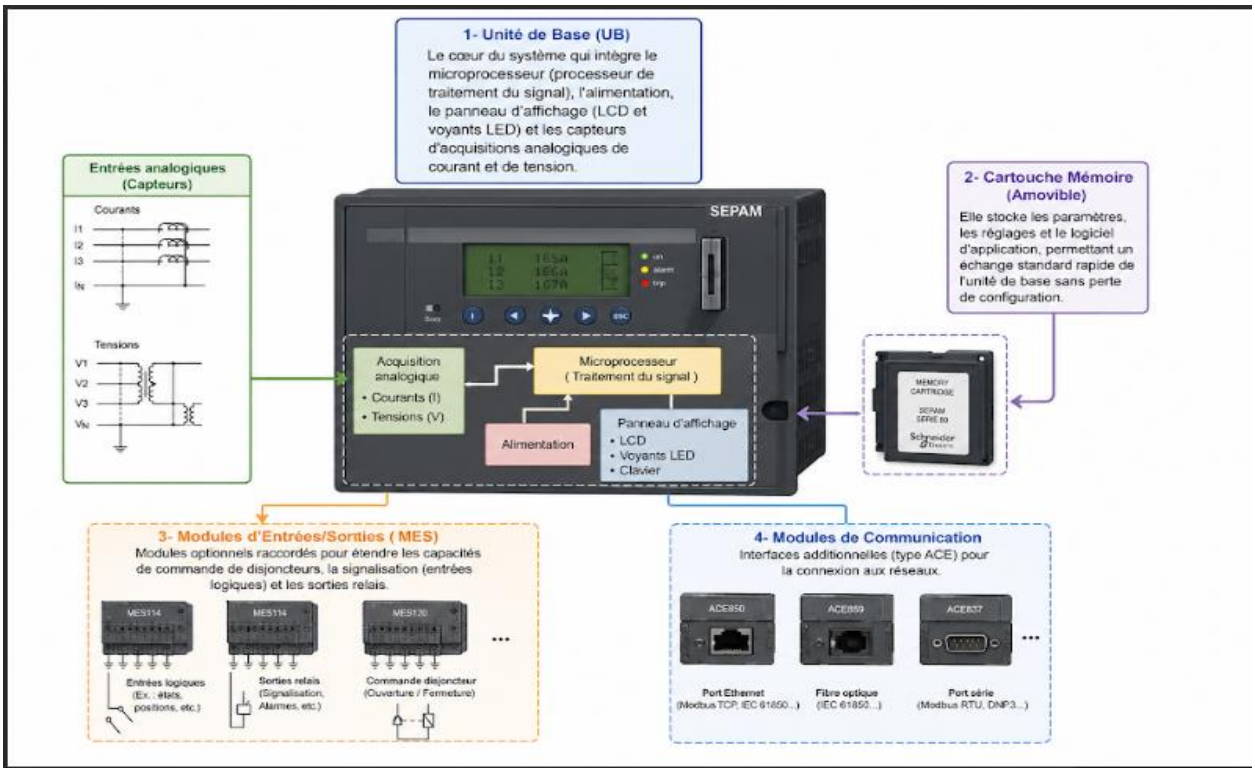
Enregistrement des événements et des défauts.

Communication avec les systèmes de supervision (Modbus, CEI 61850 selon les modèles).

Paramétrage à l'aide du logiciel SFT2841..

3.3 Architecture matérielle

L'architecture du SEPAM comprend une unité de base intégrant le processeur, l'alimentation, l'affichage et les circuits d'acquisition. Elle peut être complétée par une cartouche mémoire, des modules d'entrées/sorties et des modules de communication permettant d'étendre les capacités du système.



3.4 Fonctions de protection disponibles

Selon le modèle utilisé, le relais SEPAM peut assurer de nombreuses fonctions de protection adaptées aux transformateurs de puissance, aux moteurs HTA, aux générateurs, aux lignes et à d'autres équipements électriques.

Tableau 1 : Protections du moteur électrique HTA

Catégorie de défaut	Défaut	Protection adaptée	Code ANSI	Réglage indicatif
Charge entraînée	Surcharge	Maximum de courant à temps dépendant	50/51	Permet le démarrage
	Surcharge	Image thermique	49RMS	Constante de temps 10 à 20 min
	Surcharge	Sonde de température	49T	Selon la classe thermique du moteur
	Démarrage trop long	Seuil d'intensité temporisé	48	Seuil ≈ 2,5 In ; temporisation = temps de démarrage + quelques secondes
	Blocage rotor	Seuil d'intensité temporisé	51LR	Seuil ≈ 2,5 In ; temporisation 0,5 à 1 s
	Démarrages trop	Comptage du	66	Selon le constructeur

Catégorie de défaut	Défaut	Protection adaptée	Code ANSI	Réglage indicatif
	fréquents	nombre de démarrages		
	Perte de charge	Minimum de courant de phase	37	Seuil ≈ 70 % In ; temporisation 1 s
	Variation de vitesse	Détection mécanique de sur/sous-vitesse	12, 14	±5 % vitesse nominale ; temporisation de quelques secondes
Alimentation	Perte d'alimentation	Directionnelle de puissance active	32P	Seuil 5 % Sn ; temporisation 1 s
	Baisse de tension	Minimum de tension directe	27D	0,75 à 0,80 Un ; temporisation ≈ 1 s
	Déséquilibre	Maximum de composante inverse	46	Seuil selon I_2 ; temporisation dépendante
	Sens de rotation	Sens des phases	47	Seuil de tension inverse 40 % Un
	Réalimentation	Minimum de tension rémanente	27R	Seuil < 20 à 25 % Un ; temporisation ≈ 0,1 s
Défauts internes	Court-circuit entre phases	Fusibles	—	Calibre adapté aux démarrages
	Court-circuit entre phases	Maximum de courant instantané	50/51	Seuil > 1,2 Idém ; temporisation ≈ 0,1 s
	Court-circuit entre phases	Protection différentielle	87M	Pente 50 % ; seuil 5 à 15 % In
	Défaut à la masse stator	Maximum de courant terre	51N/51G	Seuil 10 % Imax défaut terre ; temporisation ≈ 0,1 s
	Défaut à la masse stator	Maximum de tension résiduelle	59N	Seuil ≈ 30 % Vn
	Défaut à la masse stator	Maximum de courant terre directionnelle	67N	Seuil selon le capteur
	Défaut masse rotor	Contrôleur permanent d'isolement	—	Surveillance continue
	Échauffement des paliers	Mesure de température	38	Selon les indications du constructeur

Tableau 2 : Protections du transformateur de puissance

Catégorie de défaut	Défaut	Dispositif de protection adapté	Code ANSI	Réglages indicatifs
Surcharge	Échauffement du transformateur	Surveillance de la température du diélectrique (transformateur à isolation liquide)	**26**	Alarme : **95 °C** ; Déclenchement : **100 °C**
	Échauffement des enroulements	Surveillance de la température des enroulements (transformateur sec)	**49T**	Alarme : **150 °C** ; Déclenchement : **160 °C**
	Surcharge thermique	Image thermique	**49 RMS**	Alarme : **100 %** de l'échauffement ; Déclenchement : **120 %** ; Constante de temps : **10 à 30 min**
	Surcharge importante	Disjoncteur basse tension	—	Seuil : **≤ In**
Court-circuit	Court-circuit entre phases	Fusible	—	Choix du calibre selon la méthode de protection
	Court-circuit fort	Maximum de courant phase instantané	**50**	Seuil haut > **Icc aval**
	Surintensité temporisée	Maximum de courant à temps indépendant	**51**	Seuil bas < **5 In** ; Temporisation : **Ts aval + 0,3 s**
	Surintensité sélective	Maximum de courant à temps dépendant	**51**	Seuil bas à temps inverse sélectif avec l'aval (≈ **3 In**)
	Défaut interne	Protection différentielle à pourcentage	**87T**	Pente : **15 %** ; Seuil minimal : **30 %**
	Défaut interne avec dégagement de gaz	Relais Buchholz (gaz et pression)	**63**	Déclenchement logique suivant accumulation de gaz ou surpression
Défaut de terre	Défaut de masse cuve	Maximum de courant masse cuve	**51G**	Seuil > **20 A** ; Temporisation : **0,1 s**
	Défaut à la terre	Maximum de courant terre	**51N / 51G**	Seuil : **20 % Imax** défaut terre et > **10 %** du calibre TC ; Temporisation : **0,1 s** (réseau) ou selon la sélectivité
	Défaut de terre interne	Différentielle de terre restreinte	**64REF**	Seuil : **10 % In** ; Sans temporisation

Catégorie de défaut	Défaut	Dispositif de protection adapté	Code ANSI	Réglages indicatifs
	Défaut au point neutre	Maximum de courant terre point neutre	**51G**	Seuil < courant permanent de la résistance de limitation
	Tension résiduelle	Maximum de tension résiduelle	**59N**	Seuil ≈ **10 %** de la tension résiduelle maximale
Surfluxage	Excès de flux magnétique	Contrôle de flux (V/f)	**24**	Seuil > **1,05 Un/fn** ; Temporisation à temps constant (≈ **1 heure**)

Tableau 3: Protections du générateur

Catégorie de défaut	Défaut	Dispositif de protection adapté	Code ANSI	Réglages indicatifs
Défauts liés à la machine d'entraînement	Surcharge	Maximum de courant	**51**	Seuil = In, courbe à temps dépendant
	Surcharge thermique	Image thermique	**49RMS**	Selon les caractéristiques du générateur ; échauffement maximal 115 à 120 %
	Échauffement	Sonde de température	**49T**	Selon la classe thermique du générateur
	Fonctionnement en moteur	Protection directionnelle de puissance active	**32P**	Seuil : 5 % (turbine) à 20 % (diesel) de Sn ; temporisation de quelques secondes
	Variation de vitesse	Détection mécanique de sur/sous-vitesse	**12, 14**	Seuil ± 5 % de la vitesse nominale ; temporisation de quelques secondes
Défauts du réseau d'alimentation	Court-circuit externe (avec maintien du courant ≥ 3 In)	Maximum de courant	**51**	Seuil : 2 In ; temporisation sélective avec l'aval
	Court-circuit externe (sans maintien du courant ≥ 3 In)	Maximum de courant à retenue de tension	**51V**	Seuil : 1,2 In ; temporisation sélective
	Secours contre les défauts externes	Minimum d'impédance	**21B**	Environ 0,3 Zn ; temporisation sélective
	Mise sous tension accidentelle	Protection de mise sous tension accidentelle	**50/27**	Seuil courant : 10 % In ; seuil tension : 80 % Un ; inhibition sur creux de

Catégorie de défaut	Défaut	Dispositif de protection adapté	Code ANSI	Réglages indicatifs
				tension : 5 s
Défauts internes au générateur				
	Court-circuit entre phases	Maximum de courant phase directionnelle	**67**	Seuil : In ; temporisation selon la sélectivité
	Déséquilibre des courants	Maximum de composante inverse	**46**	Seuil : 15 % In ; temporisation de quelques secondes
	Défaut à la terre (neutre relié à la terre)	Maximum de courant terre	**51N/51G**	Seuil : 10 à 20 % du courant maximal de défaut terre ; temporisation ≈ 0,1 s
	Défaut à la terre (générateur découplé)	Maximum de tension résiduelle	**59N**	Seuil Vrsd = 30 % Vn ; temporisation de quelques secondes
	Défaut à la terre (neutre isolé)	Maximum de tension résiduelle	**59N**	Seuil Vrsd = 30 % Vn ; temporisation de quelques secondes
	Défaut de masse rotor	Contrôleur permanent d'isolement	—	Surveillance permanente de l'isolement du rotor
	Perte d'excitation	Maximum de puissance réactive directionnelle	**32Q**	Seuil : 30 % Sn ; temporisation de quelques secondes
	Perte d'excitation	Mesure d'impédance	**40**	Xa = 0,15 Zn ; Xb = 1,15 Zn ; Xc = 2,35 Zn ; temporisation cercle Zn = 0,1 s
	Perte de synchronisme	Protection de perte de synchronisme	**78PS**	Loi des aires ; temporisation ≈ 0,3 s ; inversion de puissance : 2 tours
Régulation de tension	Surtension	Maximum de tension	**59**	Seuil : 110 % Un ; temporisation de quelques secondes
	Sous-tension	Minimum de tension	**27**	Seuil : 80 % Un ; temporisation de quelques secondes

Catégorie de défaut	Défaut	Dispositif de protection adapté	Code ANSI	Réglages indicatifs
Régulation de fréquence	Surfréquence	Maximum de fréquence	**81H**	Seuil : fréquence nominale + 2 Hz
	Sous-fréquence	Minimum de fréquence	**81L**	Seuil : fréquence nominale − 2 Hz

Chapitre 4 : Configuration du relais SEPAM avec le logiciel SFT2841

4.1 Présentation du logiciel SFT2841

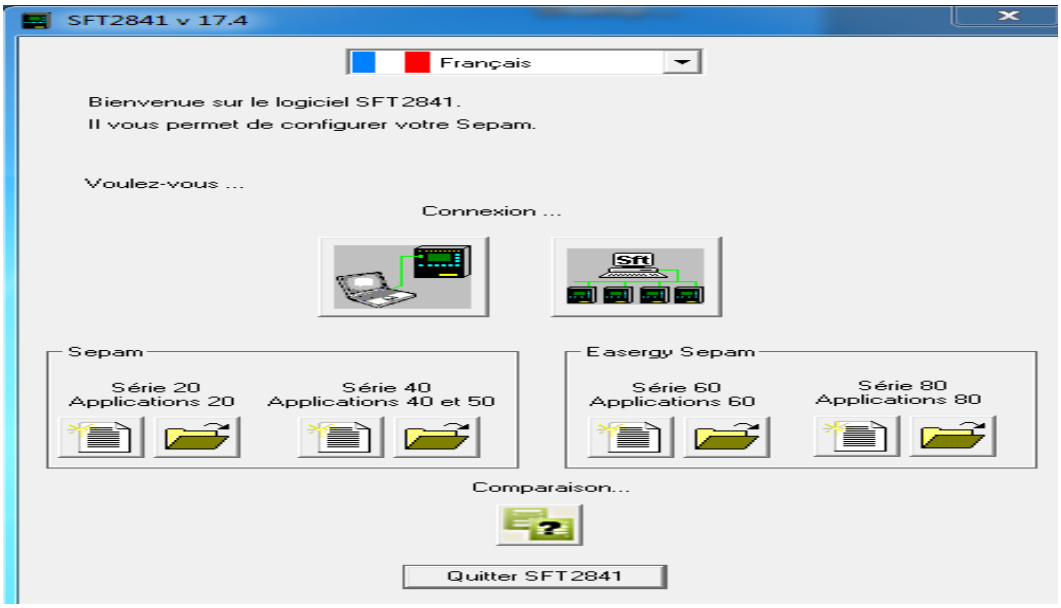
Le logiciel SFT2841 est un outil de configuration développé par Schneider Electric pour le paramétrage, la mise en service et la maintenance des relais de protection SEPAM. Il permet d'établir une communication avec le relais, de configurer les fonctions de protection, de modifier les réglages, de visualiser les mesures en temps réel et de consulter les événements et défauts enregistrés.

4.2 Paramétrage et configuration d’un relais SEPAM

Le paramétrage et la configuration d'un relais SEPAM consistent à adapter les fonctions de protection aux caractéristiques de l'installation électrique et de l'équipement à protéger. À l'aide du logiciel SFT2841, l'utilisateur configure les seuils de déclenchement, les temporisations, les courbes de protection, les fonctions ANSI ainsi que les entrées et sorties logiques. La configuration est ensuite transférée vers le relais et vérifiée par des essais.

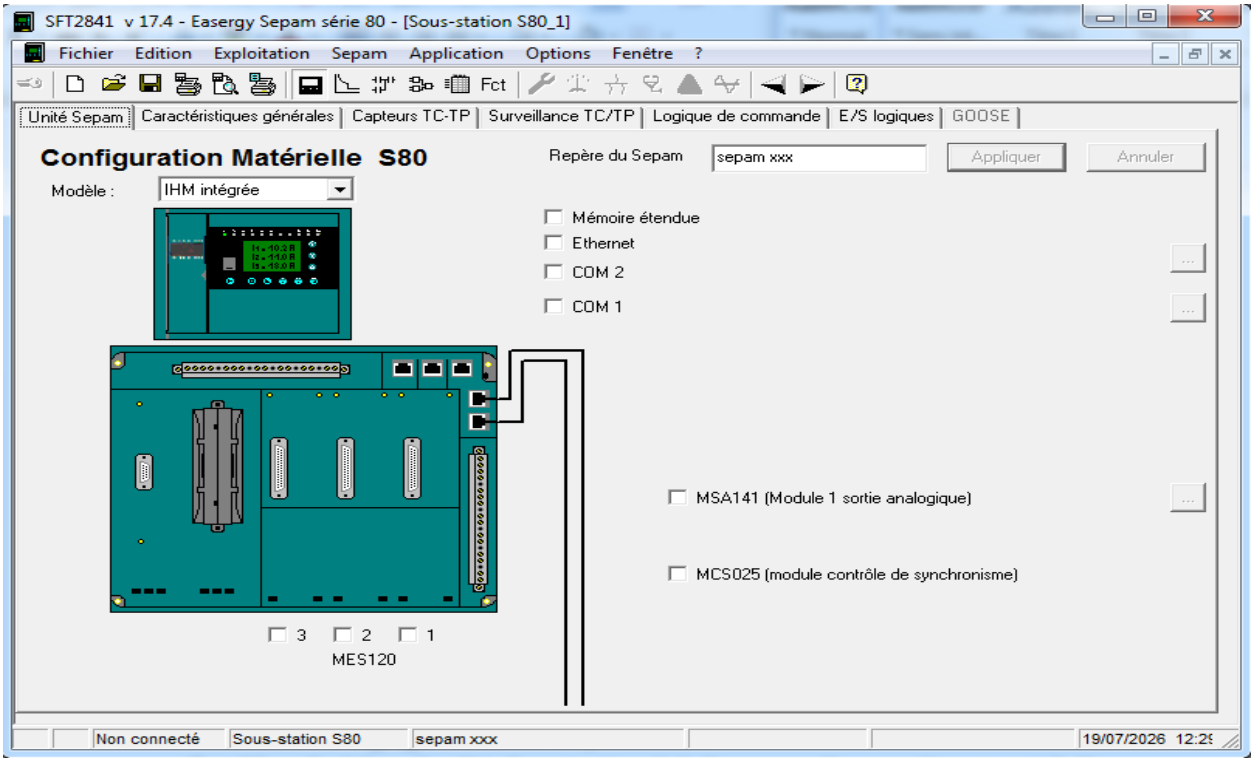
4.3 Fenêtre d’accueil

La fenêtre d'accueil du logiciel SFT2841 permet de choisir la langue et d'accéder aux fichiers de paramètres et de réglages du SEPAM. Le logiciel peut être utilisé en mode connecté à un seul relais, en mode connecté à un réseau de relais ou en mode non connecté pour créer ou modifier un fichier de configuration.



4.4 Barre d'outils

La barre d'outils du logiciel SFT2841 regroupe les commandes essentielles permettant de configurer, programmer et diagnostiquer les relais SEPAM. Elle donne accès à l'identification de l'utilisateur, à la gestion des projets, au paramétrage général, aux fonctions de protection, aux équations logiques, aux mesures, aux diagnostics, aux alarmes et à l'analyse des oscilloperturbographies.



Conclusion Générale

En conclusion, ce travail a permis de présenter les principaux concepts liés aux relais de protection et à leur rôle essentiel dans la protection des réseaux électriques contre les différents défauts et anomalies. L'étude des transformateurs de courant et de tension, de la chaîne de protection ainsi que des différentes fonctions de protection a permis de mieux comprendre le principe de fonctionnement d'un système de protection électrique.

L'étude du relais SEPAM a également permis de mettre en évidence ses caractéristiques techniques, son architecture et ses différentes fonctions de protection. Grâce au logiciel SFT2841, le paramétrage et la configuration du relais peuvent être réalisés de manière simple et précise, en adaptant les seuils de déclenchement et les temporisations aux exigences de l'installation.